

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 09 JUIL. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Martine PLANCHE



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE  
bis, rue de Saint Pétersbourg  
800 Paris Cedex 08  
téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 55-1328

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2**

Réservé à  
L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>20 JUIN 2002</b> LIEU <b>38 INPI GRENOBLE</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0207726</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>20 JUIN 2002</b> PAR L'INPI		<b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  <b>Cabinet Michel de Beaumont</b> <b>1 rue Champollion</b> <b>38000 GRENOBLE</b>	
Vos références pour ce dossier ((facultatif)) B5630			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input checked="" type="checkbox"/>		N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de Brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date / / N° _____ Date / /	
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		<input type="checkbox"/> N° _____ Date / /	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  <b>DÉTERMINATION DE LA POSITION D'UN APPAREIL DE RADIOGRAPHIE OU DE RADIOSCOPIE</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date / / _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date / / _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"	
Nom ou dénomination sociale		PERCEPTION RAISONNEMENT ACTION EN MEDECINE	
Prénoms			
Forme juridique		Société anonyme	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
ADRESSE	Rue	4 Avenue de l'Obiou	
	Code postal et ville	38700	LA TRONCHE
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone ((facultatif))			
N° de télécopie ((facultatif))			
Adresse électronique ((facultatif))			

Réservé à  
L'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE **20 JUIN 2002**

LIEU **38 INPI GRENOBLE**

N° D'ENREGISTREMENT **0207726**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

**Vos références pour ce dossier :**

(facultatif) B5630

**6 MANDATAIRE**

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

Cabinet Michel de Beaumont

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

ADRESSE

Rue

1 Rue Champollion

Code postal et ville

38000

GRENOBLE

N° de téléphone (facultatif)

04.76.51.84.51

N° de télécopie (facultatif)

04.76.44.62.54

Adresse électronique (facultatif)

cab.beaumont@wanadoo.fr

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui

☒ Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur (s) séparée

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat

☒

ou établissement différé

☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui

☒ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX DES  
REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :

Si vous avez utilisé l'imprimé "Suite", indiquez  
le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)

Laurent Thibon  
Mandataire n° 92-4059



VISA DE LA PREFECTURE  
OU DE L'INPI

**D.R.G.R.**

## DÉTERMINATION DE LA POSITION D'UN APPAREIL DE RADIOGRAPHIE OU DE RADIOSCOPIE

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de détection de la position dans l'espace d'un appareil (16) fournissant des images au moyen de rayons X, par exemple un appareil de radiographie ou de radioscopie. Dans la suite on appelle appareil de radiographie tout moyen de radio-  
5 graphie ou de radioscopie comprenant une source de rayons X, un détecteur type plaque photographique pour rayons X, et un système de numérisation du film, ou un moyen de radiographie ou de radioscopie composé d'une source de rayons X et d'un  
10 détecteur numérique, ou tout appareil de bloc opératoire de type bras en C mobile, incluant une source et un détecteur analogique ou numérique, la source et le détecteur étant rigidement reliés entre eux.

Pour certaines opérations chirurgicales, le chirurgien  
15 peut disposer au préalable d'images à trois dimensions de la région à opérer du patient, réalisées par exemple à l'aide d'un scanner. Les images permettent au chirurgien de préparer l'opération. En cours d'opération, le chirurgien peut avoir besoin de connaître la position exacte d'un os par rapport aux  
20 outils ou d'une broche qu'il est en train d'insérer. Il n'est

alors plus possible de réaliser un scanner pour connaître de telles positions.

Il est dans ce cas habituellement réalisé des radiographies sous plusieurs angles de la région opérée du patient, au moyen, par exemple, d'un appareil de radiographie.

Les radiographies sont alors numérisées et les différents éléments présents sur les images sont identifiés. On peut alors, grâce à des algorithmes de calcul, associer les éléments identifiés sur les radiographies avec les éléments correspondants des vues de scanner, et déterminer les positions respectives, par exemple, d'une broche et d'outils. La détermination de la position de broches ou d'outils par rapport à la partie anatomique ou la région anatomique d'intérêt se fait en utilisant un système de localisation spatial auquel est associé un repère appelé  $R_{ref}$ . Le système de localisation peut être à base de technologie optique (tel le système POLARIS de la société NDI, Toronto, Canada), à base de technologie magnétique (tel que le système Fastrack de la société Polhemus Inc, Etats-Unis), à base de technologie ultrasonore (produit de la société Zebris, Allemagne). Le système de localisation situe dans le repère  $R_{ref}$  la position de corps rigide de localisation en fournissant une matrice de transformation entre le repère associé au corps rigide de localisation et le repère associé au système de localisation. Les corps rigides de localisation peuvent être composés d'éléments soit émetteur, soit récepteur, soit réflecteur, soit re-émetteur suivant la technologie utilisée.

Lorsqu'un corps rigide de localisation est par exemple fixé sur une vertèbre et qu'un corps rigide de référence est fixé sur un instrument chirurgical, il est possible de contrôler la position de l'instrument chirurgical, la trajectoire et/ou la position de l'instrument étant déterminées grâce aux images radiographiques issues d'un appareil de radiographie. Pour pouvoir utiliser l'information contenue dans les images radiographiques, il est nécessaire de déterminer les paramètres de l'appareil de

radiographie et de relier le repère associé à l'appareil de radiographie et le repère du système de localisation.

La réalisation de radiographies et leur utilisation nécessitent une étape préalable de détermination des paramètres de fonctionnement de l'appareil de radiographie qui est constitué d'une source projetant des rayons X sur une surface d'exposition, l'objet à radiographier étant interposé entre la source et la surface d'exposition. De manière plus détaillée, il s'agit de modéliser la projection effectuée par l'appareil de radiographie. La projection est l'opération qui à un point  $(x, y, z)$  de l'espace à trois dimensions associe un point  $(u, v)$  de l'image obtenue sur la surface d'exposition lors d'une prise de vue. On détermine les droites dites de rétroprojection  $D(u, v)$ , chaque droite correspondant à l'ensemble des points à trois dimensions de l'espace qui se projettent sur le pixel  $(u, v)$  de l'image. L'étape de détermination permet d'obtenir les équations des droites de rétroprojection dans le repère  $R_{amp}$  associé à l'appareil de radiographie. Cela revient à déterminer des paramètres que l'on appelle intrinsèques et qui sont inhérents à la géométrie, à la fabrication et de l'appareil de radiographie et à la méthode de numérisation de l'image obtenue, et à déterminer les paramètres que l'on appelle extrinsèques et qui correspondent à la transformation entre le repère du système de radiographie  $R_{amp}$  et le repère fixe  $R_{ref}$ . Si l'appareil de radiographie bouge, il n'y a alors plus qu'à retrouver les paramètres extrinsèques. Les algorithmes de détermination de ces paramètres sont décrits dans le document "The calibration problem for stereo by O.D. Faugeras et al." In Proc Computer Vision and pattern Recognition P15-20, 1992)

L'étape de détermination peut être obtenue en utilisant une mire de détermination (mire de calibrage) fixée sur l'appareil de radiographie. Les méthodes et dispositifs connus font état :

- d'un robot porte mire dans "Gestes medico-chirurgicaux assistés par ordinateur", S. Lavallée Ph.D. Thesis, 1989,

5 - d'une mire fixée sur le détecteur décrite dans le document "Vissage pédiculaire assistée par ordinateur", P. Sautot, Ph. D. Thesis, 1994.

---

Il existe aussi des systèmes commerciaux (mire se fixant directement sur le détecteur comme, par exemple, le produit commercialisé par la société Traxtal Technologies, 10 Etats-Unis).

Une fois l'étape de détermination réalisée, et en supposant que les équations des droites de rétroprojection ne sont pas modifiées par rapport au repère Ramp lors des déplacements de l'appareil de radiographie, des radiographies de 15 l'objet sont prises selon différentes directions. Si toutefois les problèmes de distorsions dus au champ magnétique terrestre ne sont pas négligeables, il est possible par un système simple de corriger les équations des droites de rétroprojection (par exemple par la fixation d'un ensemble de marqueurs en périphérie 20 du détecteur et visibles sur l'image, l'analyse de la variation de position sur l'image permet de déterminer et de quantifier la variation de distorsion).

Les radiographies, la transformation entre le repère Ramp et le repère  $R_{ref}$  étant connue, sont utilisées pour la 25 navigation chirurgicale. On peut par exemple :

- projeter la position d'un outil sur les images radiographiques ;

- recalculer les images radiographiques avec des images issues de scanner X ; procéder à des reconstructions 30 tridimensionnelles par tomographie ou par l'utilisation de modèles déformables (brevet français n° 99 11848 déposé le 17 septembre 1999 au nom du Laboratoire TIMC, intitulé ``Reconstitution de surfaces en trois dimensions par utilisation de modèles statistiques`` - et dont les inventeurs sont Markus 35 Fleute, Stéphane Lavallée et Laurent Desbat)

On peut citer le brevet américain N° 5,769,861 au nom de Brainlab Med Computersyst et intitulé "Method and device for localizing an instrument" et le brevet américain N° 6,370,224 au nom de Sofamor Danek Group et intitulé "System and methods for the reduction and elimination of image artefacts in the calibration of X Ray Imagers". On peut aussi citer le produit fluoronav<sup>TM</sup> de la société Sofamor Danek, Etats-unis. La figure 1A représente, de façon schématique, un objet 10, par exemple un os d'un patient, à radiographier. L'objet 10 est immobile par rapport à un repère de référence fixe  $R_{ref}$ . L'objet 10 est placé entre une source 12, représentée par un point, et une surface d'exposition 13 représentée par un plan fixe par rapport à la source 12, d'un appareil de radiographie 16. La radiographie correspond à l'image 14 obtenue sur la surface d'exposition 13. L'appareil de radiographie 16, c'est-à-dire la source 12 et la surface d'exposition 13, est destiné à être déplacé par rapport à l'objet 10 pour réaliser les différentes radiographies.

On souhaite déterminer les équations des droites de rétroprojection (deux droites 17, 18 étant représentées en figure 1) dans le repère de référence  $R_{ref}$  au moment de la réalisation de chaque prise de vue de façon à réaliser un traitement ultérieur des radiographies obtenues. Il est donc nécessaire de déterminer la transformation géométrique permettant de passer du repère  $R_{amp}$  au repère de référence  $R_{ref}$  pour chaque prise de vue.

Un corps rigide de localisation 19 est monté sur l'appareil de radiographie 16 de façon à être immobile par rapport au repère  $R_{amp}$ . Un système de localisation 20 immobile dans le repère de référence  $R_{ref}$  est adapté à déterminer la position du corps rigide 19 dans le repère de référence  $R_{ref}$ .

Au moment où une radiographie est réalisée, on mesure la position du corps mobile 19 par rapport au repère de référence  $R_{ref}$ . Il est alors possible de déterminer la transformation géométrique permettant de passer du repère  $R_{amp}$  au repère de référence  $R_{ref}$  au moment de la prise de vue. Il est donc



possible de déterminer les équations des droites de rétro-projection par rapport au repère de référence  $R_{ref}$  à l'instant de la prise de vue.

De façon générale, on fait l'acquisition de deux  
5 radiographies dans des positions différentes. Pour chaque radio-  
graphie, les équations des droites de rétroprojection par rapport  
au repère de référence  $R_{ref}$  sont déterminées. Par triangulation,  
il est alors possible de déterminer une représentation à trois  
dimensions de l'objet 10 qui pourra être comparée à des images  
10 préopératoires.

La figure 1B bis représente certains des éléments de  
la figure 1A, un corps rigide de référence 21, dont la position  
est déterminée par le système de localisation 20, est fixé sur  
l'objet à radiographier 10 et permet de détecter les éventuels  
15 déplacements de l'objet par rapport au repère de référence  $R_{ref}$ .  
Un corps rigide 22 peut être placé sur un outil chirurgical 23  
dont on peut représenter la trace sur l'image radiographique 14.  
La position de l'outil 23 peut donc être déterminée et utilisée  
lors de l'analyse de l'image radiographique. Une cible 24 (par  
20 exemple un point anatomique, ou le lieu d'insertion d'une  
vis...) laissant une trace sur l'image radiographique peut être  
visée sur l'objet 10 par l'outil 23.

Le procédé de réalisation de radiographies précédem-  
ment décrit suppose une synchronisation parfaite entre la  
25 réalisation de la radiographie par l'appareil de radiographie 16  
et la mesure par le système de localisation 20 de la position du  
corps rigide 19 solidaire de l'appareil de radiographie 16.

Pour assurer la synchronisation, on peut utiliser un  
système qui détecte l'émission de rayons X par l'appareil de  
30 radiographie 16 au moment de la réalisation d'une radiographie  
et commande alors automatiquement la mémorisation par le système  
de localisation 20 de la position de l'appareil de radiographie  
16 au moment de la prise de vue. On peut également commander la  
réalisation de la radiographie et la mémorisation de la position  
35 de l'appareil de radiographie 16 par un processeur relié

simultanément à l'appareil de radiographie 16 et au système de localisation 20.

Toutefois, de tels systèmes sont délicats à mettre en oeuvre et nécessitent la mise en oeuvre de capteurs ou d'appareils coûteux.

La présente invention vise à obtenir un procédé et un dispositif de détection de la position d'un appareil de radiographie lors de la réalisation d'une prise de vue qui ne présentent pas les inconvénients précédemment mentionnés.

Pour atteindre cet objet, la présente invention prévoit un procédé de détermination de la position d'un appareil fournissant des images au moyen de rayons X par rapport à un repère de référence lors de la réalisation d'une image d'un objet, dans lequel la position de l'appareil par rapport à un repère de référence est déterminée à partir de la détermination de la position par rapport à l'appareil d'une mire, reliée mécaniquement à l'objet, au moyen de l'empreinte de la mire sur l'image et de la détermination de la position de la mire par rapport au repère de référence.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la position de la mire par rapport au repère de référence est déterminée à partir de la détermination, par un système de localisation, de la position par rapport au repère de référence d'un corps rigide de localisation relié mécaniquement à la mire.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la mire est fixe par rapport au corps rigide.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la configuration de la mire est déterminée par un palpeur relié à un corps rigide de localisation dont la position par rapport au repère de référence est déterminée par un système de localisation.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la mire est reliée au corps rigide par un bras articulé.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la mire est retirée de l'objet entre la réalisation de deux images.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la détermination de la position de la mire par rapport à l'appareil est réalisée à partir de la détermination sur l'image d'empreintes caractéristiques, chaque empreinte caractéristique correspondant  
5 à la projection sur l'image d'un élément distinct de la mire.

---

La présente invention prévoit également une mire comportant des éléments transparents aux rayons X et des éléments opaques aux rayons X, comprenant au moins trois supports transparents aux rayons X, chaque support contenant des  
10 billes opaques aux rayons X sensiblement alignées selon une direction déterminée, les directions déterminées étant non coplanaires.

Selon un mode de réalisation de l'invention, au moins ~~deux billes sont de diamètres différents.~~

15 Selon un mode de réalisation de l'invention, la mire comporte un moyen de maintien adapté à maintenir les cylindres selon une configuration parmi plusieurs configurations déterminées.

La présente invention prévoit également un dispositif  
20 de détermination de la position d'un appareil fournissant des images au moyen de rayons X par rapport à un repère de référence lors de la réalisation d'une radiographie d'un objet, comprenant une mire reliée à l'objet et comportant des éléments opaques au rayon X, chaque élément opaque étant adapté à fournir une  
25 empreinte caractéristique sur la radiographie de l'objet ; un moyen de détermination de la position de la mire par rapport au repère de référence ; et un moyen de détermination de la position de la mire par rapport à l'appareil de radiographie à partir des empreintes caractéristiques de la radiographie.

30 Cet objet, ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1A, précédemment décrite, illustre de façon schématique un procédé classique de réalisation de radiographies ;

la figure 1B, précédemment décrite, illustre l'utilisation des images radiographiques pour localiser la position d'un outil par rapport à une cible déterminée ;

la figure 2 illustre, de façon schématique, un procédé de réalisation de radiographies selon la présente invention ;

la figure 3 représente un exemple de réalisation d'une mire selon l'invention ;

la figure 4 représente une variante de la mire de la figure 3 ;

la figure 5 représente, de façon schématique, un exemple de radiographie de la mire de la figure 3 ;

les figures 6 et 7 représentent deux variantes de la mire de la figure 3 ;

les figures 8 et 9 représentent deux vues d'une autre variante de la mire selon l'invention ; et

les figures 10 et 11 représentent des exemples de détermination de la configuration de la mire.

La présente invention propose un dispositif dont l'utilisation permet de déterminer la transformation géométrique permettant de passer du repère  $R_{amp}$  au repère de référence  $R_{ref}$  au moment de la réalisation d'une radiographie en utilisant directement l'image d'un élément du dispositif obtenue sur la radiographie. Les paramètres intrinsèques de l'appareil de radiographie peuvent être auparavant déterminés suivant une procédure classique telle que décrite dans le document intitulé "Vissage pédiculaire assistée par ordinateur" de P. Sautot, Ph. D. Thesis, 1994. La présente invention propose un dispositif dont l'utilisation simplifie les méthodes existantes de détermination des paramètres extrinsèques lorsque l'appareil de radiographie a été déplacé.

La figure 2 représente la source 12 de l'appareil de radiographie adaptée à émettre des rayons X traversant l'objet

10 à radiographier pour former une image 14 sur la surface d'exposition 13. Une mire 25 et un corps rigide 26 sont montés sur l'objet à radiographier 20. Le corps rigide 26 est fixe par rapport à un repère  $R_{\text{mir}}$  associé à la mire 25.

5 Le procédé de réalisation de radiographies de l'objet 10 selon l'invention est le suivant. Préalablement à la réalisation de radiographies, on détermine les équations des droites de rétroprojection, exprimées dans le repère  $R_{\text{amp}}$ . On détermine également la position du corps rigide 26 par rapport  
10 au repère de référence  $R_{\text{ref}}$ . Les positions relatives entre le corps rigide 26 et la mire 25 étant connues, il est possible de déterminer la transformation géométrique  $T_1$  permettant de passer du repère  $R_{\text{mir}}$  associé à la mire 25 au repère de référence  $R_{\text{ref}}$ .  
~~Par la suite, entre plusieurs prises de vues, la mire 25 et~~  
15 l'objet 10 sont supposés fixes par rapport au repère de référence  $R_{\text{ref}}$ , la transformation géométrique  $T_1$  demeure constante. Si tel n'était pas le cas,  $T_1$  devrait être à nouveau déterminée.

L'appareil de radiographie 16 est alors déplacé en différentes positions pour réaliser des radiographies. Pour  
20 chaque radiographie, l'analyse de l'image 14 obtenue permet, grâce à la présence de la mire 25 sur l'objet 10 et comme cela sera expliqué par la suite, de déterminer la transformation géométrique  $T_2$  permettant de passer du repère  $R_{\text{amp}}$  associé à l'appareil de radiographie 16 au repère  $R_{\text{mir}}$  associé à la mire  
25 26.

Il est ainsi possible de déterminer la transformation géométrique globale  $T_G$  permettant de passer du repère  $R_{\text{amp}}$  associé à l'appareil de radiographie 16 au repère de référence  $R_{\text{ref}}$ . On peut alors déterminer, pour chaque radiographie, les  
30 équations des droites de rétroprojection dans le repère de référence  $R_{\text{ref}}$  qui peuvent être utilisées pour définir une image en trois dimensions de l'objet 10 comme cela a été expliqué précédemment.

La figure 3 représente plus précisément un exemple de  
35 réalisation de la mire 25. Une base 28 est fixée de façon

temporaire sur l'objet 10 à radiographier, par exemple le fémur d'un patient. La base 28 supporte le corps rigide de référence 21 qui comporte, par exemple, des éléments 29 adaptés à réfléchir les rayons infrarouges émis par le système de localisation 20. Une tige flexible 30 relie la base 28 à une fourche 32 qui supporte le corps mobile 26 à l'extrémité d'une branche et la mire 25 à l'extrémité de l'autre branche.

La mire 26 se compose de plusieurs cylindres, 34A à 34E, reliés à leurs extrémités par des sphères de jonction 36. Chaque cylindre 34A à 34E est constitué d'un matériau transparent aux rayons X, par exemple du plastique ou du matériau connu sous la dénomination commerciale plexiglas, et comprend des billes opaques aux rayons X 38, par exemple en carbure de tungstène, en plomb ou en acier, sensiblement alignées le long de l'axe du cylindre 34A à 34E.

La mire 25 se compose d'un cylindre central 34A comprenant par exemple cinq billes 38 d'un premier diamètre, par exemple six millimètres, et par exemple cinq billes 38 d'un second diamètre, par exemple trois millimètres, inférieur au premier diamètre, les billes de premier diamètre étant situées sur une moitié du cylindre central 34A et les billes du second diamètre sur l'autre moitié. Deux cylindres secondaires 34B, 34C, comprenant des billes 38 du second diamètre, forment avec le cylindre central 34A un premier triangle. Deux cylindres secondaires 34D, 34E, comprenant des billes 38 du premier diamètre, forment avec le segment central 40 un second triangle. Les plans contenant les deux triangles sont inclinés l'un par rapport à l'autre.

La figure 4 représente une variante du dispositif de la figure 3. La fourche 32 est directement montée sur l'objet 10 à radiographier par un moyen de fixation 40. Selon cette variante, la mire 25 étant fixe par rapport à l'objet 10, un seul corps rigide 26 peut être utilisé directement pour définir la position de la mire 25 et de l'objet 10 par rapport au repère

de référence  $R_{ref}$  et la transformation géométrique T2 permettant de passer du repère  $R_{mir}$  au repère  $R_{ref}$ .

La figure 5 représente un exemple de radiographie obtenue à partir de la mire mobile 25 de la figure 3 montée sur l'objet 10 à radiographier. Les billes 38 opaques aux rayons X laissent des traces circulaires 42 sur la radiographie. Les cylindres 34A à 34B transparents aux rayons X ne laissent sensiblement pas de trace sur la radiographie. L'objet 10 laisse également des traces sur la radiographie qui peuvent se superposer à celles des billes 38 et qui ne sont pas représentées en figure 5. La radiographie obtenue est numérisée. En utilisant un algorithme approprié, les traces circulaires 42 sont déterminées. Les positions des centres des traces circulaires 42 sont alors calculées ainsi que des segments de droites passant par lesdits centres. On détermine alors à quel cylindre 34A à 34E de la mire mobile 25 correspond chaque segment de droite en utilisant notamment la différence de diamètres des billes 42 et leur répartition par cylindre 34A à 34E.

Les équations des droites de rétroprojection de chaque pixel de la radiographie sont connues dans le repère  $R_{amp}$  associé à l'appareil de radiographie 16. A partir des droites de rétroprojection, la forme de la mire 25 étant parfaitement connue, il est possible de déterminer la position que doit avoir la mire 25 dans le repère  $R_{amp}$  pour produire les traces 42 obtenues sur la radiographie. Ceci peut être obtenue par la minimisation d'un critère quadratique. On détermine ainsi la transformation géométrique T2 permettant de passer du repère  $R_{amp}$  25 associé à l'appareil de radiographie au repère  $R_{mir}$  associé à la mire 25.

La figure 6 représente une variante de réalisation de la mire 25 selon l'invention. La mire 28 se compose d'une sphère de jonction 44 montée sur un bras de maintien 46 fixé sur l'objet 10 à radiographier. Des cylindres 50A, 50B, 50C sont montés sur la sphère de jonction 44 par des branches de fixation 52A, 52B, 52C. Le corps rigide 26 est également monté sur la

sphère de jonction 44. Les cylindres 50A, 50B, 50C sont, comme cela a été expliqué précédemment, constitués d'un matériau transparent aux rayons X et comprennent des billes 54 opaques aux rayons X. Les différents cylindre 50A, 50B, 50C doivent de  
 5 préférence être agencés pour ne pas être coplanaires. La sphère de jonction 44 comporte des ouvertures 56 supplémentaires réparties sur l'ensemble de sa surface permettant éventuellement d'ajouter des cylindres supplémentaires ou de disposer les trois cylindres selon une configuration différente.

10 La figure 7 représente une autre variante de la mire 25 selon l'invention. Deux cylindres 58A, 58B sont fixés aux extrémités des bras d'une fourche 60. Un troisième cylindre 58C est fixé à la base de la fourche 60. La mire 25 est reliée par une tige flexible 62 à un support 64 fixé sur l'objet 10 à  
 15 radiographier. Le corps rigide de référence 21 est fixé solidai- rement au support 64. Selon cette variante, il n'y a pas de corps mobile fixé solidairement à la mire 25. Lors de la détermination de la transformation géométrique T1 permettant de passer du repère  $R_{mir}$  au repère  $R_{ref}$ , la détermination de la  
 20 position de la mire 25 par rapport au corps rigide de référence 21 peut être obtenue au moyen d'un palpeur.

Les figures 8 et 9 représentent deux vues d'une autre variante de la mire 25. L'objet 10 à radiographier est par exemple une vertèbre. La mire 25 comprend une fourche 66 dont  
 25 les bras 68A, 68B sont fixés sur l'objet 10. Chaque bras 68A, 68B supporte un cylindre 70A, 70B. Un troisième cylindre 70C est fixé à la base de la fourche 66. Le corps rigide 26 est également fixé à la base de la fourche 66. Selon cette variante, la mire 25 étant fixe par rapport à l'objet 10, un seul corps  
 30 rigide 26 peut être utilisé directement pour définir les positions de la mire 25 et de l'objet 10 par rapport au repère de référence  $R_{ref}$  et pour déterminer la transformation géométrique T1 permettant de passer du repère  $R_{mir}$  au repère  $R_{ref}$ .



Les figures 10 et 11 représentent des exemples de détermination de la configuration de la mire (un seul cylindre 72 de la mire étant représenté sur les figures 10 et 11) dans le cas où celle-ci est montée sur l'objet d'une manière non prédéfinie, comme cela peut être le cas avec les exemples de réalisation de la mire représentés sur les figures 3, 6 et 7. Un palpeur 74 relié à un corps rigide 76, dont la position est déterminée par le système de localisation 20, peut être déplacé sur la mire pour en déterminer la forme. On peut aussi utiliser un palpeur particulier du type à encastrément 78 à position unique relié à un corps rigide de localisation 80 et comportant un cylindre creux 82 de diamètre correspondant au diamètre des cylindres de la mire. Le système à encastrément 78 est alors fixé sur chacun des cylindres de la mire.

La présente invention comporte de nombreux avantages.

Premièrement, le présent procédé de radiographie permet de déterminer la transformation géométrique entre le repère Ramp associé à l'appareil de radiographie et le repère de référence  $R_{ref}$  lors de la réalisation d'une radiographie directement à partir de la radiographie par l'analyse de l'empreinte laissée sur la radiographie par une mire fixée à l'objet à radiographier. Il n'est alors pas nécessaire de fixer en permanence une mire sur l'appareil de radiographie, car l'analyse de l'empreinte de la mire sur la radiographie permet de suivre le mouvement de l'appareil de radiographie et de trouver les transformations spatiales rigides entre deux positions différentes.

Deuxièmement, la mire peut être réalisée en un matériau léger de façon à pouvoir être fixée sur l'objet à radiographier. En particulier, la mire ne gêne pas d'éventuels déplacements de l'objet, dans le cas où par exemple l'objet est une vertèbre. Par exemple, la mire peut peser moins de 300 grammes.

Troisièmement, la forme de la mire peut facilement être adaptée en fonction de l'objet à radiographier et/ou de l'opération chirurgicale à réaliser de façon à ne pas gêner les gestes du chirurgien.

Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les billes opaques peuvent être réparties sur des éléments autres que cylindriques. Il pourra  
5 s'agir par exemple de tubes transparents décrivant des courbes à trois dimensions. De plus, il peut y avoir plus de deux diamètres différents pour les billes opaques. Enfin, certaines des caractéristiques des exemples de réalisation précédemment décrits pourront être combinées entre elles.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination de la position d'un appareil (16) fournissant des images (14) au moyen de rayons X par rapport à un repère de référence ( $R_{ref}$ ) lors de la réalisation d'une image d'un objet (10), caractérisé que ce que

5 la position de l'appareil (16) par rapport à un repère de référence ( $R_{ref}$ ) est déterminée à partir de la détermination de la position par rapport à l'appareil (16) d'une mire (25), reliée mécaniquement à l'objet, au moyen de l'empreinte de la mire sur l'image et de la détermination de la position de la  
10 mire par rapport au repère de référence ( $R_{ref}$ ).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la position de la mire (25) par rapport au repère de référence ( $R_{ref}$ ) est déterminée à partir de la détermination, par un système de localisation (20), de la position par rapport au  
15 repère de référence ( $R_{ref}$ ) d'un corps rigide de localisation (21, 26) relié mécaniquement à la mire.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la mire (25) est fixe par rapport au corps rigide (21, 26).

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la  
20 configuration de la mire (25) est déterminée par un palpeur (74, 78) relié à un corps rigide de localisation (76, 80) dont la position par rapport au repère de référence ( $R_{ref}$ ) est déterminée par un système de localisation (20).

5. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la  
25 mire (25) est reliée au corps rigide (21) par un bras articulé (30, 62).

6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la mire (25) est retirée de l'objet (10) entre la réalisation de deux images (14).

30 7. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la détermination de la position de la mire (25) par rapport à l'appareil (16) est réalisée à partir de la détermination sur l'image (14) d'empreintes caractéristiques (42), chaque

REVENDICATIONS

1. Dispositif de détermination de la position d'un appareil (16) fournissant des images (14) au moyen de rayons X par rapport à un repère de référence ( $R_{ref}$ ) lors de la réalisation d'une image d'un objet (10), caractérisé que ce que  
5 la position de l'appareil (16) par rapport à un repère de référence ( $R_{ref}$ ) est déterminée à partir de la détermination de la position par rapport à l'appareil (16) d'une mire (25), reliée mécaniquement à l'objet, au moyen de l'empreinte de la mire sur l'image et de la détermination de la position de la  
10 mire par rapport au repère de référence ( $R_{ref}$ ).

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la position de la mire (25) par rapport au repère de référence ( $R_{ref}$ ) est déterminée à partir de la détermination, par un système de localisation (20), de la position par rapport au  
15 repère de référence ( $R_{ref}$ ) d'un corps rigide de localisation (21, 26) relié mécaniquement à la mire.

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel la mire (25) est fixe par rapport au corps rigide (21, 26).

4. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la  
20 configuration de la mire (25) est déterminée par un palpeur (74, 78) relié à un corps rigide de localisation (76, 80) dont la position par rapport au repère de référence ( $R_{ref}$ ) est déterminée par un système de localisation (20).

5. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel la  
25 mire (25) est reliée au corps rigide (21) par un bras articulé (30, 62).

6. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la mire (25) est retirée de l'objet (10) entre la réalisation de deux images (14).

30 7. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la détermination de la position de la mire (25) par rapport à l'appareil (16) est réalisée à partir de la détermination sur l'image (14) d'empreintes caractéristiques (42), chaque

empreinte caractéristique correspondant à la projection sur l'image d'un élément distinct (38, 54) de la mire (25).

8. Mire (25) comportant des éléments (34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 50A, 50B, 50C, 58A, 58B, 58C, 70A, 70B, 70C) transparents aux rayons X et des éléments (38, 54) opaques aux rayons X, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins trois supports (34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 50A, 50B, 50C, 58A, 58B, 58C, 70A, 70B, 70C) transparents aux rayons X, chaque support contenant des billes (38, 54) opaques aux rayons X sensiblement alignées selon une direction déterminée, les directions déterminées étant non coplanaires.

9. Mire (25) pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins trois cylindres (34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 50A, 50B, 50C, 58A, 58B, 58C, 70A, 70B, 70C) transparents aux rayons X contenant des billes (38, 54) opaques aux rayons X.

10. Mire (25) selon la revendication 8 ou 9, dans laquelle au moins deux billes (38, 54) sont de diamètres différents.

11. Mire (25) selon la revendication 8 ou 9, comportant un moyen de maintien (32, 36, 44, 60, 66) adapté à maintenir les cylindres (34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 50A, 50B, 50C, 58A, 58B, 58C, 70A, 70B, 70C) selon une configuration parmi plusieurs configurations déterminées.

12. Dispositif de détermination de la position d'un appareil (16) fournissant des images au moyen de rayons X par rapport à un repère de référence ( $R_{ref}$ ) lors de la réalisation d'une radiographie d'un objet (10), caractérisé en ce qu'il comprend :

une mire (25) reliée à l'objet et comportant des éléments (38, 54) opaques au rayon X, chaque élément opaque étant adapté à fournir une empreinte caractéristique (42) sur la radiographie de l'objet ;

un moyen de détermination (26, 20) de la position de la mire par rapport au repère de référence ; et

empreinte caractéristique correspondant à la projection sur l'image d'un élément distinct (38, 54) de la mire (25).

8. Mire (25) pour le dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 comportant des éléments (34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 50A, 50B, 50C, 58A, 58B, 58C, 70A, 70B, 70C) transparents aux rayons X et des éléments (38, 54) opaques aux rayons X, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins trois supports (34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 50A, 50B, 50C, 58A, 58B, 58C, 70A, 70B, 70C) transparents aux rayons X, chaque support contenant des billes (38, 54) opaques aux rayons X sensiblement alignées selon une direction déterminée, les directions déterminées étant non coplanaires.

9. Mire (25) selon la revendication 8, dans laquelle au moins deux billes (38, 54) sont de diamètres différents.

10. Mire (25) selon la revendication 8, comportant un moyen de maintien (32, 36, 44, 60, 66) adapté à maintenir les cylindres (34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 50A, 50B, 50C, 58A, 58B, 58C, 70A, 70B, 70C) selon une configuration parmi plusieurs configurations déterminées.

un moyen de détermination de la position de la mire par rapport l'appareil de radiographie à partir des empreintes caractéristiques de la radiographie.

---

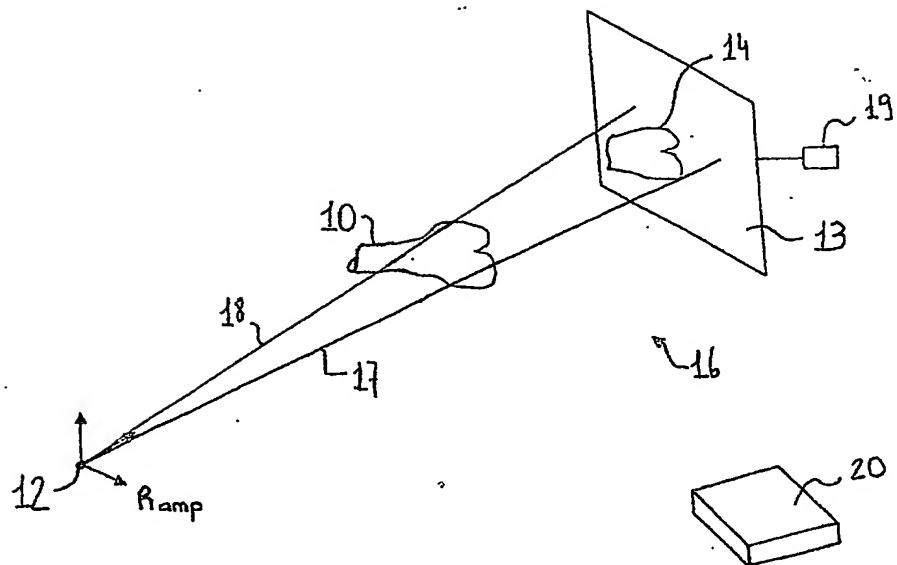
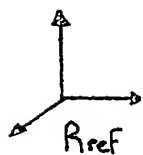


Fig. 1A

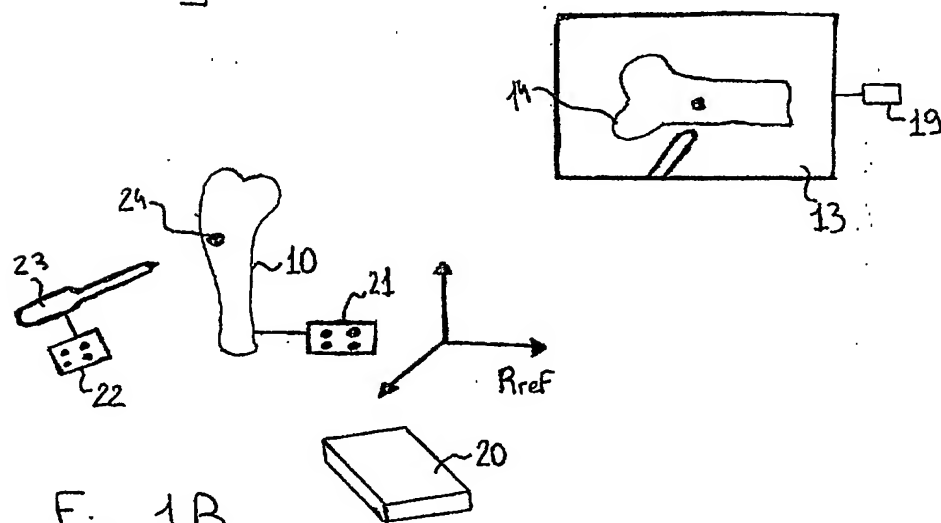


Fig. 1B

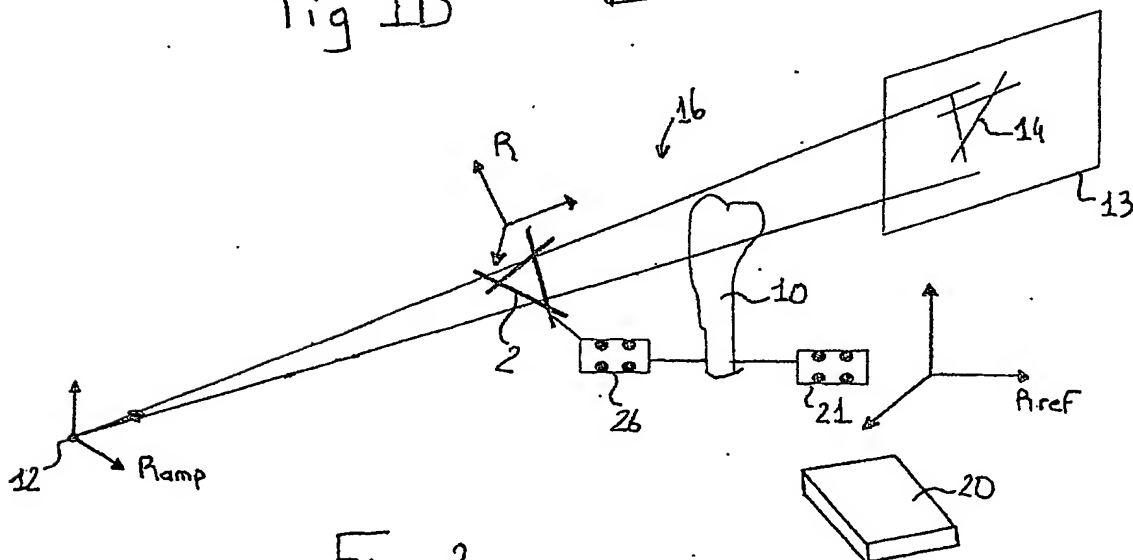


Fig. 2



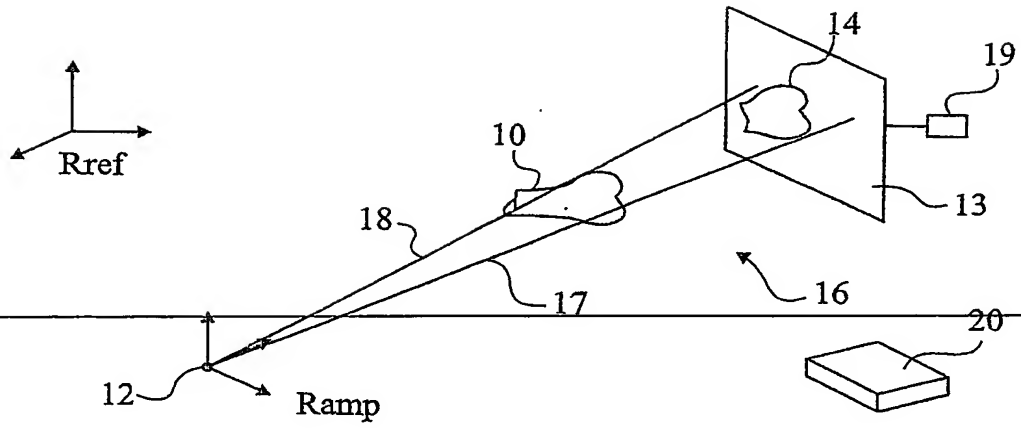


Fig 1A

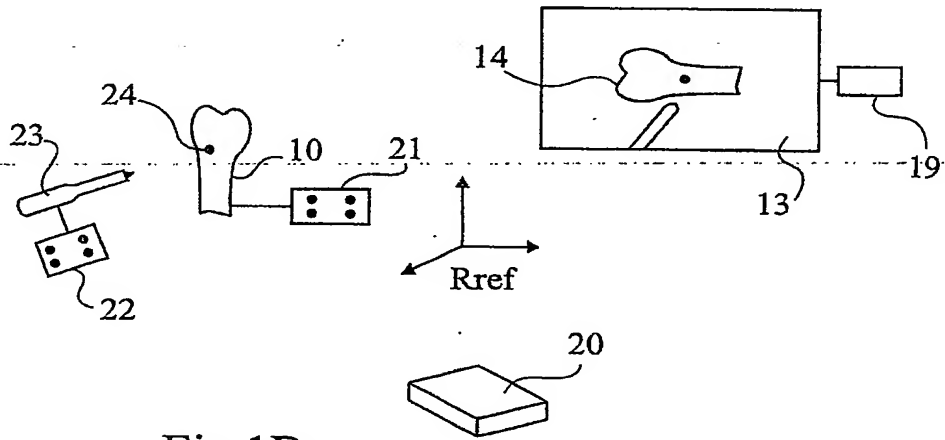


Fig 1B

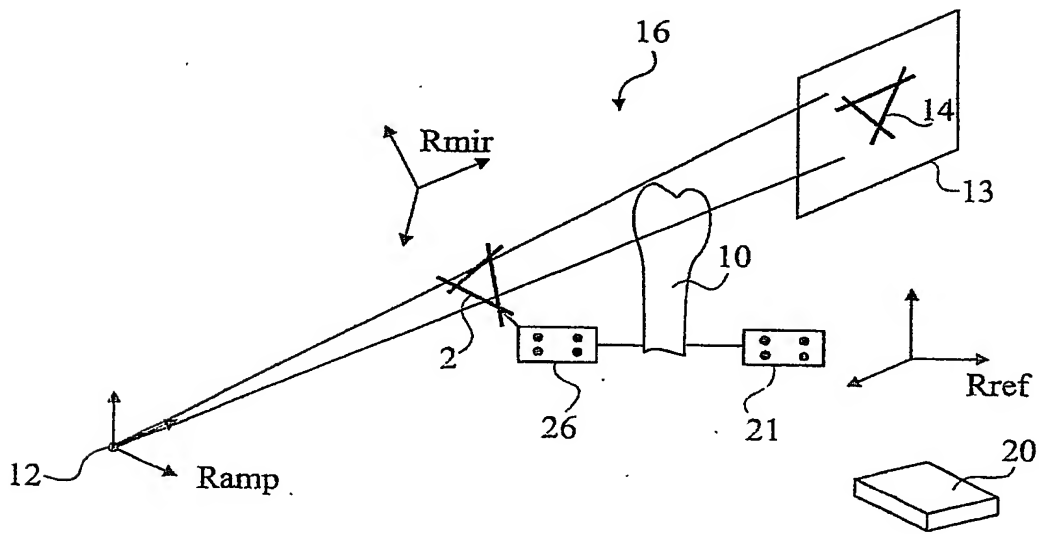


Fig 2

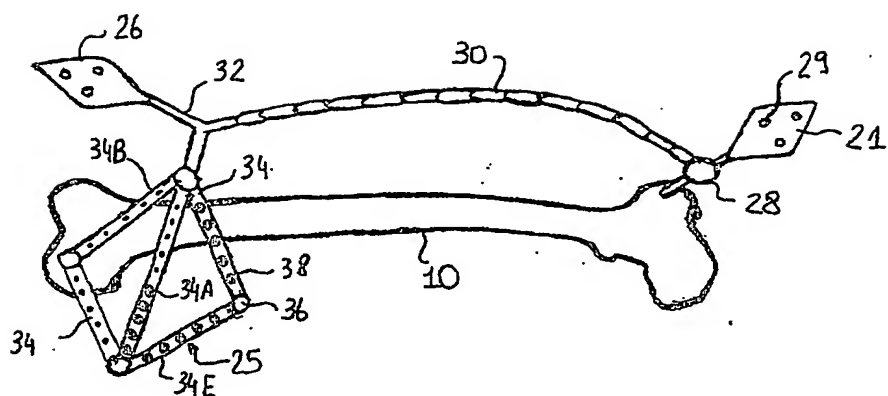


Fig. 3

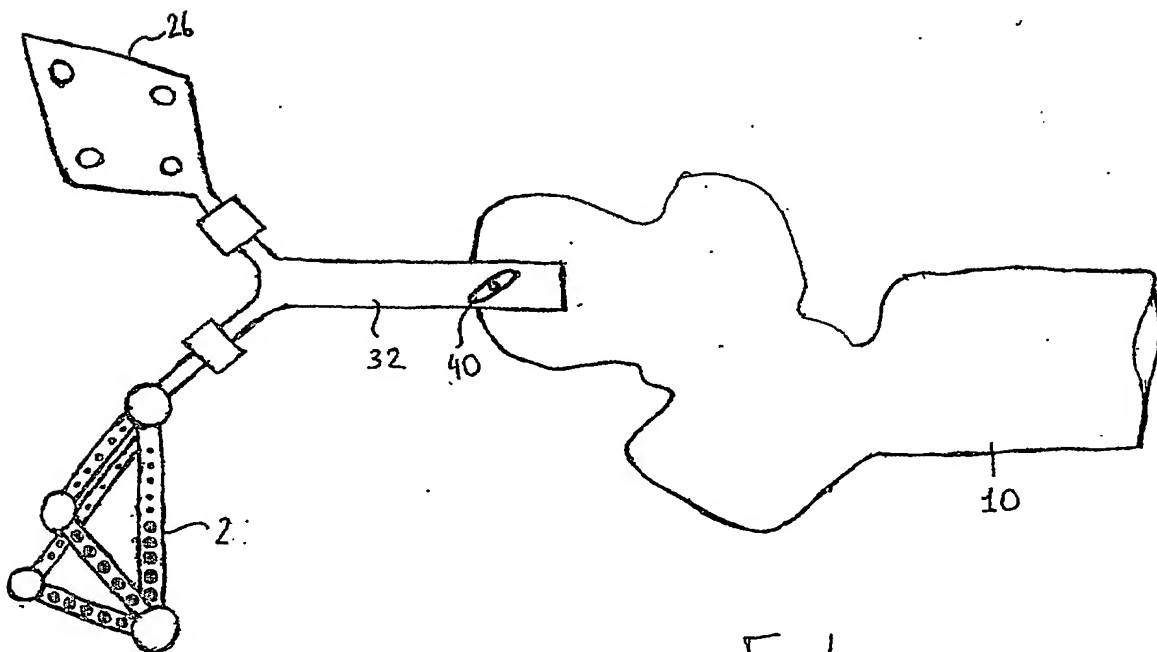


Fig. 4

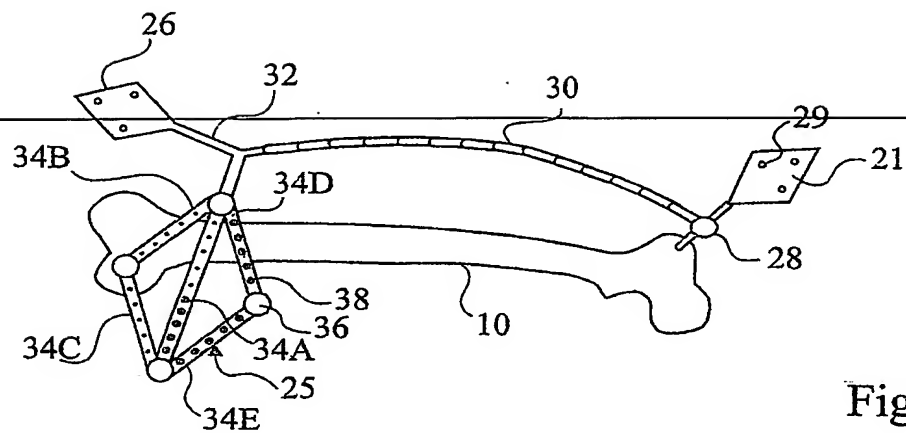


Fig 3

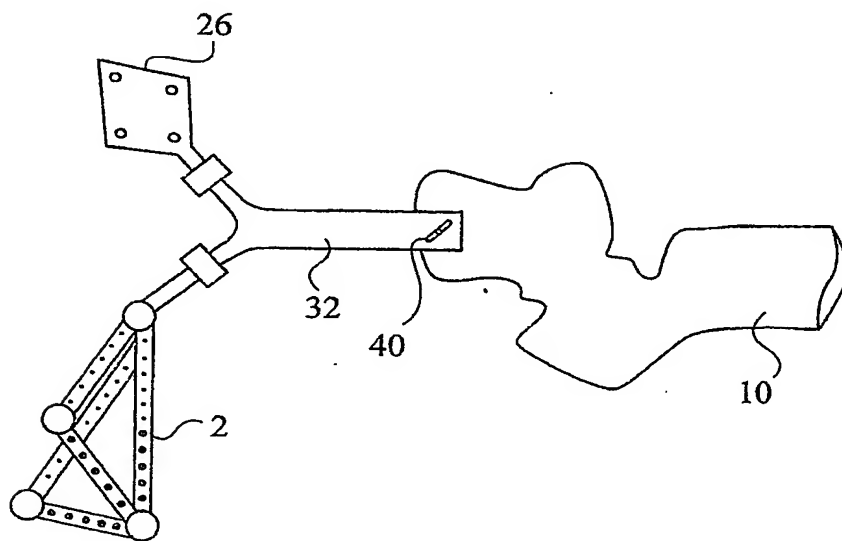


Fig 4

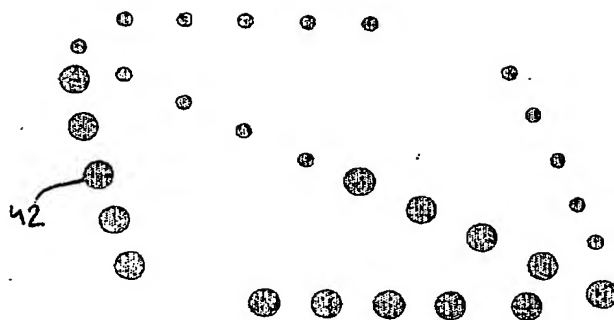


Fig 5

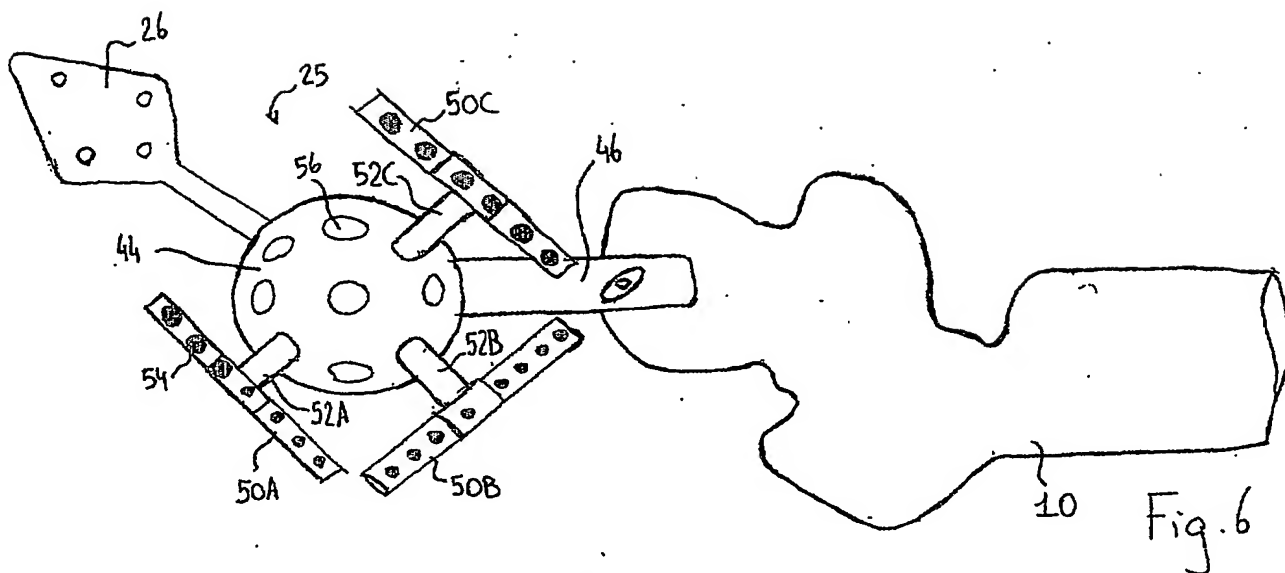


Fig.6

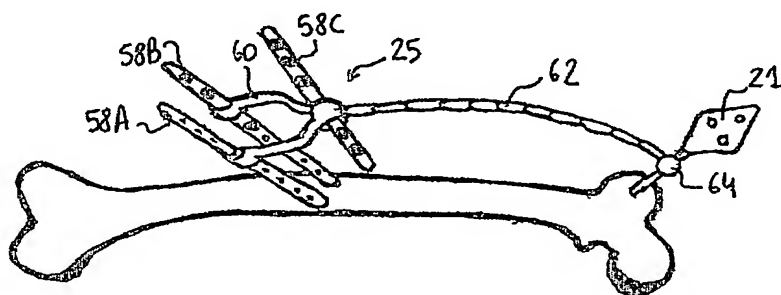


Fig.7

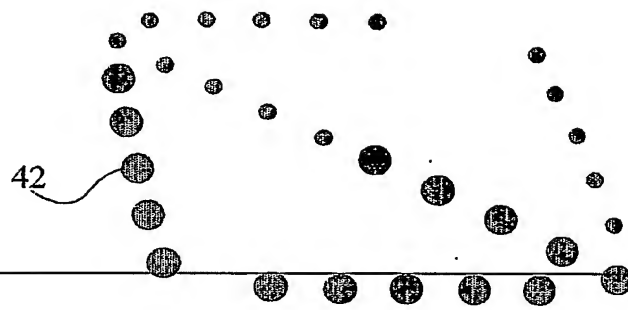


Fig 5

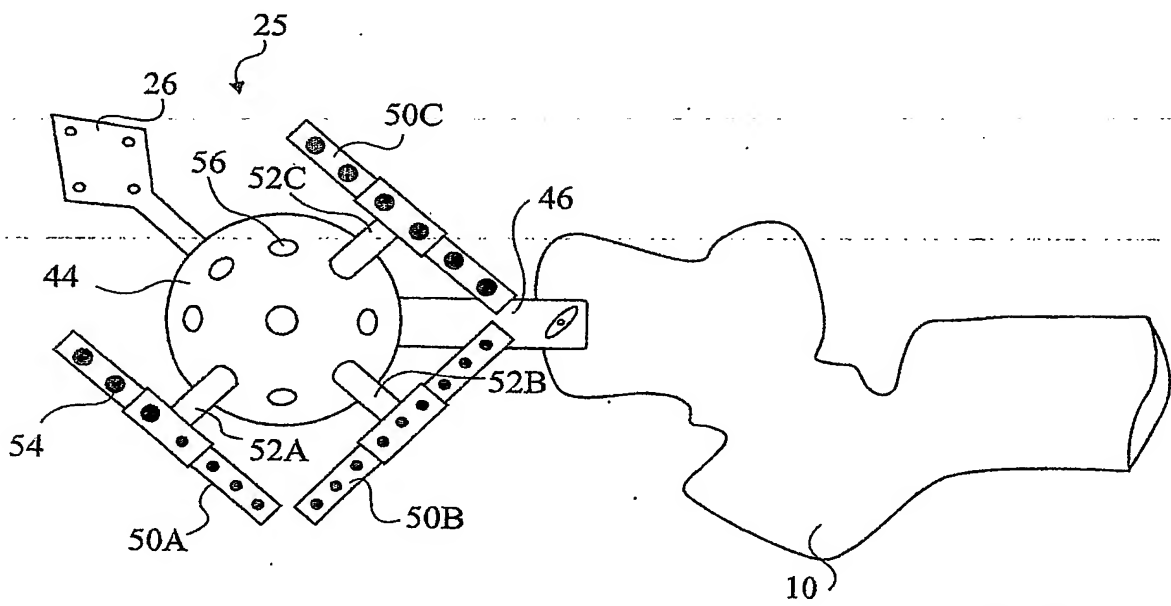


Fig 6

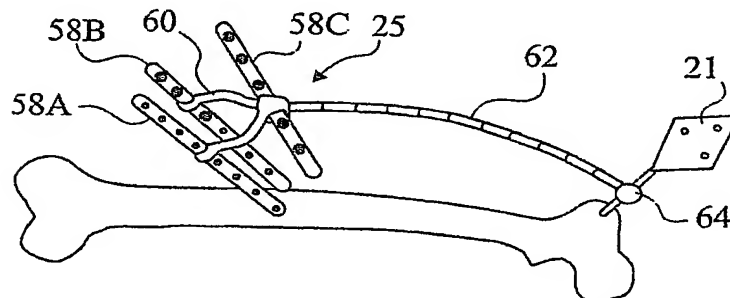


Fig 7

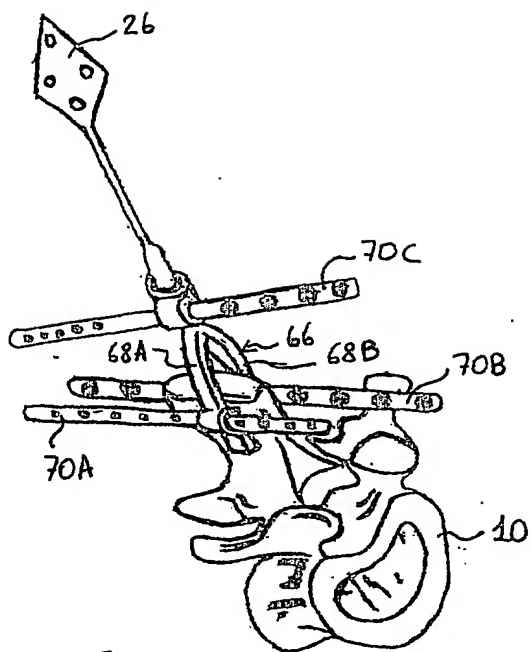


Fig. 8

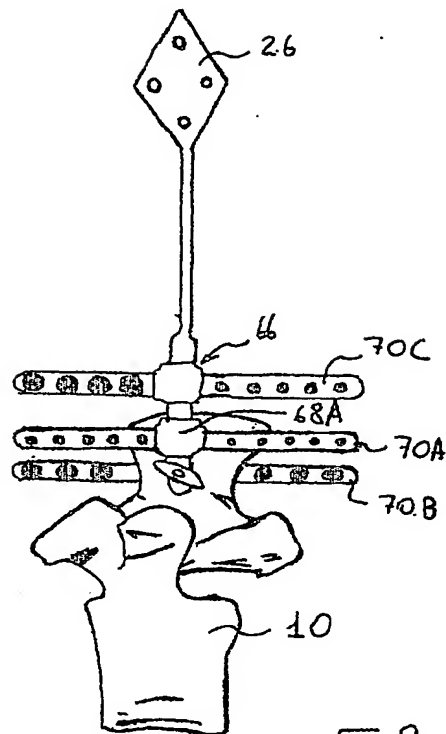


Fig. 9

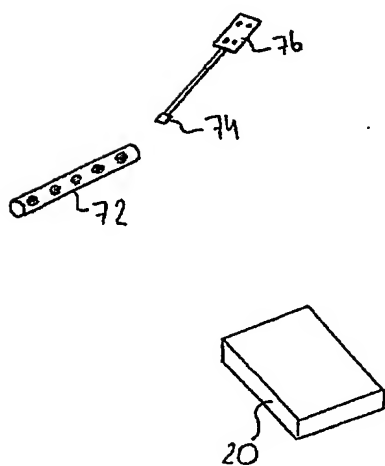


Fig. 10

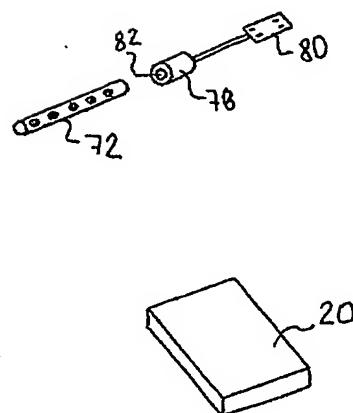


Fig. 11

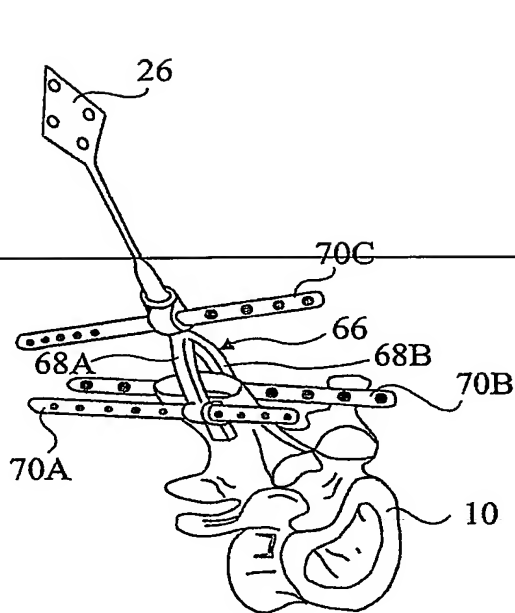


Fig 8

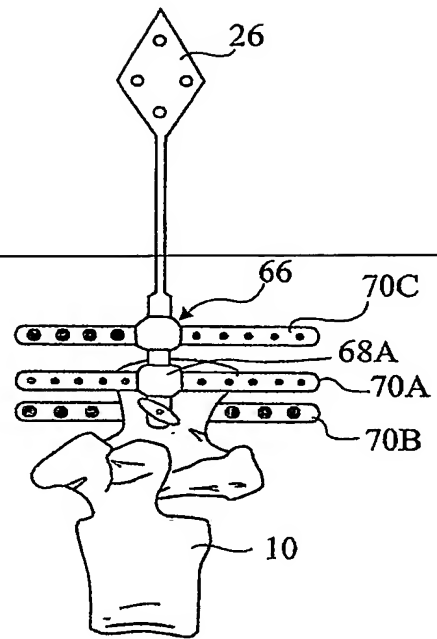


Fig 9

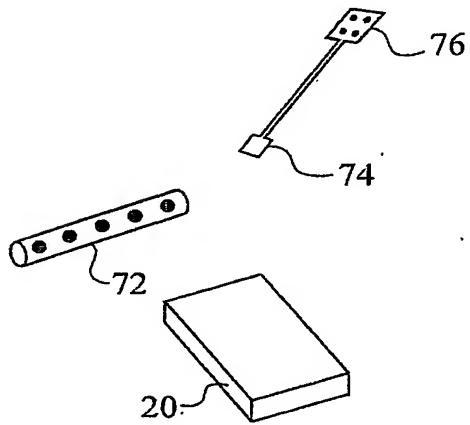


Fig 10

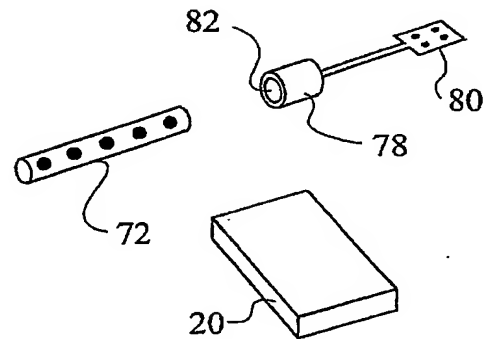


Fig 11

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) PAGE N°1/ 1

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B5630	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0207726	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DÉTERMINATION DE LA POSITION D'UN APPAREIL DE RADIOGRAPHIE OU DE RADIOSCOPIE			
LE(S) DEMANDEUR(S):			
PERCEPTION RAISONNEMENT ACTION EN MEDECINE			
DESIGNE (NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite "Page N°1/1" S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Prénoms & Nom		Stéphane <u>Lavallée</u>	
ADRESSE	Rue	63, Route de la Ronzière	
	Code postal et ville	38410	SAINT MARTIN D'URIAGE, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom		Guillaume <u>Champleboux</u>	
ADRESSE	Rue	35, Rue du Belvédère	
	Code postal et ville	38500	VOIRON, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom			
ADRESSE	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE (S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Laurent Thibon Mandataire n° 92-4059 Le 20 juin 2002			



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**